

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Kerja Motor Bakar

Motor bensin dan motor diesel bekerja dengan gerakan torak bolak-balik (bergerak naik turun pada motor tegak) sedangkan pada motor *wankel* bekerja dengan torak atau *rotor* yang berputar. Motor bensin dan diesel bekerja menurut prinsip 4-langkah (4 tak) dan 2-langkah (2 tak). Yang dimaksud dengan istilah “langkah” disini adalah perjalanan torak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB).

Motor bensin 4-langkah adalah mesin yang pada setiap empat langkah torak penuh atau dengan dua putaran engkol sempurna akan menghasilkan satu tenaga kerja. Prinsip kerja motor bensin 4-langkah adalah sebagai berikut:

- Langkah pemasukan/hisap

Torak bergerak dari TMA ke TMB, terjadilah kevacuman pada waktu torak bergerak kebawah, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Tekanan menurun dan volume bertambah pada silinder. Campuran bahan bakar dan udara dari karburator mengalir ke dalam silinder melalui saluran masuk dan masuk kedalam silinder/ruang bakar.

- Langkah kompresi

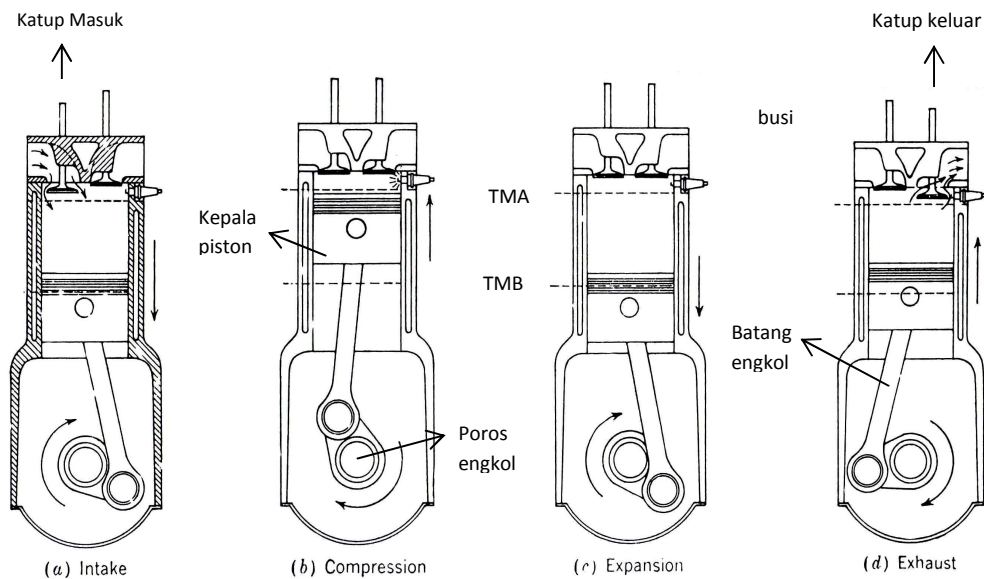
Pada langkah kompresi ini torak telah berada di TMB dan torak bergerak ke TMA. Katup masuk dan katup buang tertutup, campuran bahan bakar dan udara dikompresikan dan terjadi kenaikan temperatur dan tekanan. Bilamana torak telah mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan, 8 derajat sebelum torak menuju TMA busi memercikan bunga api.

- Langkah usaha

Bila torak telah mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara dibakar oleh bunga api (dari busi) sehingga mengakibatkan tekanan pembakaran naik dan torak didorong ke bawah. Pada saat langkah usaha ini katup masuk dan katup buang masih tertutup.

- Langkah buang

Gas sisa pembakaran dikeluarkan dari dalam silinder, torak bergerak dari TMB ke TMA, katup masuk tertutup dan katup buang terbuka. pembuangan gas berlangsung selama langkah buang bila torak bergerak ke TMA. Siklus berulang dan sangat cepat. Prinsip kerja motor bensin empat langkah dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Siklus operasi motor bakar 4-langkah (Heywood, 1988).

2.2. Proses Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Elemen mampu bakar yang utama adalah karbon dan oksigen. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon, akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut (Wardono, 2004 dalam Saputra, 2012).

reaksi cukup oksigen: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 393.5 \text{ kJ}$

reaksi kurang oksigen: $C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO + 110.5 \text{ kJ}$

Keadaan yang penting untuk pembakaran yang efisien adalah gerakan yang cukup antara bahan bakar dan udara, artinya distribusi bahan bakar dan bercampurnya dengan udara harus bergantung pada gerakan udara yang disebut pusaran. Energi panas yang dilepaskan sebagai hasil proses pembakaran digunakan untuk menghasilkan daya motor bakar tersebut. Reaksi pembakaran ideal dapat dilihat di bawah ini:



Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa N_2 tidak ikut dalam reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran di atas adalah reaksi pembakaran ideal.

Sedangkan reaksi pembakaran sebenarnya atau aktual dapat berupa seperti dibawah ini (Heywood, 1988 dalam Saputra, 2012):



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen ('O') dengan molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon ('C') dan hidrogen ('H') untuk membentuk karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO_2 dan H_2O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari pemantik telah mampu memisah/memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O-O) menjadi partikel 'O' dan 'O', dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar (C-H dan atau C-C) menjadi partikel 'C' dan 'H' yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel 'O' dapat beroksidasi dengan partikel 'C' dan 'H' untuk membentuk CO_2

dan H_2O . Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004 dalam Saputra, 2012).

2.3. Bahan Bakar Bensin (*Premium*)

Bahan bakar minyak yang digunakan pada motor bakar bensin adalah jenis premium (bensin) yang mempuntai angka oktan 88. Bensin ini merupakan hasil dari proses *distilasi* minyak bumi. Selain premium, jenis bahan bakar lain yang mempunyai angka oktan 92 dikenal dengan nama pertamax. Sedangkan bensin dengan angka oktan 95 biasa disebut pertamax plus (Fitrianto, 2008 dalam Andriyanto, 2008).

Bahan bakar bensin didapat dari hasil penyulingan minyak tanah yang kotor, dengan berat jenis dari 0,68 sampai 0,72. Bensin merupakan campuran dari hasil-hasil penyulingan yang ringan dan paling berat berat jenisnya dan titik didih terakhir dari $190^{\circ}C$. Bahan bakar bensin yang baik memiliki beberapa syarat utama yaitu (Daryanto, 1999):

1. Jernih, tidak berwarna, netral
2. Bebas dari belerang
3. Bebas dari endapan
4. Nilai pembakaran 10.000 kkal/kg
5. Mempunyai sifat menyala yang baik
6. Mempunyai ketahanan dentuman yang cukup (bilangan oktan 70).

Menurut (Sudarmadi, 2001 dalam Saputra, 2012) karakteristik bensin yang perlu diperhatikan adalah:

a. Sifat penguapan (*Volatility*)

Sifat volatilitas (kemampuan menguap) dari bahan bakar merupakan faktor utama yang harus dipenuhi berdasarkan spesifikasi bahan bakar yang ditetapkan. Faktor ini dibutuhkan agar untuk terbakar dengan normal di dalam ruang bakar, bahan bakar harus dapat menguap dengan teratur sesuai dengan laju yang dikehendaki, dan harus membuat campuran yang homogen dan terdistribusi merata dalam silinder ruang bakar.

b. Stabilitas terhadap *oksidasi* dan komposisi kimia bensin

Stabilitas kimia bensin masa kini pada umumnya makin rendah akibat perlunya penyesuaian terhadap naiknya rasio kompresi dari mesin-mesin generasi baru. Untuk memenuhi kebutuhan angka oktan, kilang-kilang terpaksa menggunakan HOMC (*High Octane Mogas Component*) yang kebanyakan mempunyai kadar *olefins* dan *heavy aromatic* yang tinggi. Jenis-jenis hidrokarbon tersebut sering disebut “*Dirty Octane*” yaitu oktan yang kotor terhadap mesin maupun lingkungan. Senyawa-senyawa tersebut memiliki ikatan-ikatan karbon tak jenuh yang sangat reaktif. Hasil reaksi oksidasi dan polimerisasi dari senyawa-senyawa tersebut adalah *gum* (getah). Endapan getah menjadi deposit yang mengotori karburator, *injector* serta saluran masuk.

Deposit yang terbentuk juga merekat sebagai kerak pada katup masuk sampai dalam ruang bakar. Lapisan kerak tersebut akan menaikkan rasio kompresi dan suhu ruang bakar dengan akibat detonasi (ngilitik), kenaikan kebutuhan oktan

dari mesin serta meningkatnya emisi gas buang beracun sebagai hasil pembakaran tak sempurna yaitu, CO, NO_x, dan UHC (*Unburned Hydrocarbon*). Selanjutnya reaksi NO_x dan UHC dapat menimbulkan racun-racun udara lainnya yaitu O₃, PM₁₀, bahkan PM_{2.5} yang sangat berbahaya bagi kesehatan.

2.4. Angka Oktan (*Octane Number*)

Angka oktan adalah suatu angka yang menyatakan kemampuan bahan bakar dalam menahan tekanan kompresi untuk mencegah bahan bakar terbakar sebelum busi menyala yang dapat menyebabkan terjadinya detonasi di dalam ruang bakar (Kirana, 2005). Dengan kata lain nilai oktan adalah kemampuan dari suatu bensin untuk mencegah detonasi/knocking (Arifianto, 2004). Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka dapat terjadi knocking atau ketukan di dalam mesin. Knocking ini dapat menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga harus dihindari (Wikipedia, 2007 dalam Andriyanto, 2008). Knocking ini akan menyebabkan (Arifianto, 2004):

1. Timbulnya bunyi yang mengganggu
2. Hilangnya sebagian tenaga
3. Motor menjadi panas
4. Meningkatnya pemakaian bahan bakar

5. Rusaknya komponen-komponen motor seperti piston, batang penggerak, poros engkol dan busi.

Nama oktan berasal dari oktana (C_8), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit (Saputra, 2012). Bensin dengan angka oktan 88, berarti bensin tersebut memiliki kemampuan mencegah knocking sama dengan campuran yang terdiri atas 88 % isooktana dan 12 % n-heptana (Fitrianto, 2008 dalam Andriyanto, 2008). Angka oktan yang sesuai dengan rasio kompresi dapat dilihat pada tabel 1 (Admin, 2008 dalam Andriyanto, 2008):

No.	Rasio Kompresi	Angka Oktan
1.	5 : 1	72
2.	6 : 1	81
3.	7 : 1	87
4.	8 : 1	92
5.	9 : 1	96
6.	10 : 1	100
7.	11 : 1	104
8.	12 : 1	108

Tabel 1. Rasio kompresi dan angka oktan.

2.5. Emisi Gas Buang

Polusi udara benar-benar merupakan keadaan darurat untuk kesehatan masyarakat tidak saja di Indonesia, namun juga di seluruh dunia. Pemakaian bahan bakar

khususnya untuk bahan bakar minyak (solar, bensin) akan mempengaruhi udara sekitar (Daryanto, 1995).

Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, di mana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada (Fardiaz, 1992).

2.5.1. Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu diatas 192°C. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut dalam air. Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.

2.5.2. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrik oksida dan nitrogen dioksida. Walaupun bentuk nitrogen oksida lainya ada, tetapi kedua gas ini yang paling banyak ditemui sebagai polutan udara. Nitrogen oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya nitrogen dioksida mempunyai warna coklat kemerahan dan berbau

tajam. Pembentukan NO_x dirangsang hanya pada suhu tinggi, konsentrasi NO_x di udara di daerah perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi dari pada di daerah pedesaan. Konsentrasi NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan kebanyakan disebabkan oleh kendaraan. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin.

2.5.3. Hidrokarbon (HC)

Sesuai dengan namanya, komponen hidrokarbon hanya terdiri dari elemen hidrogen dan karbon. Beribu-ribu komponen hidrokarbon terdapat di alam, dimana pada suhu kamar terdapat tiga bentuk yaitu gas, cair dan padat. Hidrokarbon yang banyak dihasilkan oleh manusia berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu. Bensin yang merupakan suatu campuran kompleks antara hidrokarbon-hidrokarbon sederhana dengan sejumlah kecil bahan tambahan nonhidrokarbon, bersifat segera menguap dan terlepas di udara. Pelepasan hidrokarbon dari kendaraan bermotor juga disebabkan oleh emisi minyak bakar yang belum terbakar di dalam buangan.

2.5.4. Sulfur Oksida (SO_x)

Polusi oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3), dan keduanya disebut sebagai SO_x . Hanya sepertiga jumlah sulfur oksida yang terdapat di

atmosfer merupakan hasil aktifitas manusia. Transportasi bukan merupakan sumber utama polutan SO_x , tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber utama polutan SO_x , misalnya pembakaran minyak bakar, gas, kayu, dan sebagainya.

2.5.5. Partikel

Polusi udara karena partikel-partikel merupakan masalah lingkungan yang banyak terjadi di lingkungan perkotaan. Polutan partikel yang berasal dari kendaraan bermotor umumnya merupakan fasa padat yang terdispersi dalam udara dan membentuk asap. Fasa padatan tersebut berasal dari pembakaran tak sempurna bahan bakar dengan udara, sehingga terjadi tingkat ketebalan asap yang tinggi. Selain itu partikulat juga mengandung timbal yang merupakan bahan aditif untuk meningkatkan kinerja pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan. Apabila butir-butir bahan bakar yang terjadi pada penyemprotan kedalam silinder motor terlalu besar atau apabila butir-butir berkumpul menjadi satu, maka akan terjadi dekomposisi yang menyebabkan terbentuknya karbon-karbon padat atau angus. Hal ini disebabkan karena pemanasan udara yang bertemperatur tinggi, tetapi penguapan dan pencampuran bahan bakar dengan udara yang ada didalam silinder tidak dapat berlangsung sempurna, terutama pada saat-saat dimana terlalu banyak bahan bakar disemprotkan yaitu pada waktu daya motor akan diperbesar, misalnya untuk akselerasi, maka terjadinya angus itu tidak dapat dihindarkan. Jika angus yang terjadi itu terlalu banyak, maka gas buang yang keluar dari gas buang motor akan berwarna hitam. Umur partikel di pengaruhi oleh kecepatan pengendapan

yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikel serta aliran udara (Fardiaz, 1992 dalam Saputra, 2012).

2.6.Genset

Genset atau kepanjangan dari *generator set* adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai *generator set* dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu mesin penggerak dan *generator* atau *alternator*. Mesin penggerak sebagai perangkat pemutar sedangkan *generator* atau *alternator* sebagai perangkat pembangkit listrik.

Mesin penggerak dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan *generator* atau *alternator* merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar). Genset dapat dibedakan dari jenis mesin penggeraknya, dimana kita kenal tipe-tipe mesin penggerak yaitu mesin diesel dan mesin non diesel/bensin. Mesin diesel dikenali dari bahan bakarnya berupa solar, sedangkan mesin non diesel berbahan bakar bensin premium.

Dalam aplikasi dapat dijumpai bahwa genset terdiri dari genset 1 phasa atau 3 phasa. Pengertian 1 phasa atau 3 phasa adalah merujuk pada kapasitas tegangan yang dihasilkan oleh genset tersebut. Tegangan 1 phasa artinya tegangan yang dibentuk dari kutub L yang mengandung arus dengan kutub N yang tidak berarus, atau berarus Nol atau sering kita kenal sebagai *Ground*. Sedangkan tegangan 3 phasa dibentuk dari dua kutub yang bertegangan. Genset tiga phasa menghasilkan tiga kali kapasitas genset 1 phasa. Pada sistem kelistrikan PLN kita, kapasitas 3

phasa yang dihasilkan untuk aplikasi rumah tangga adalah 380 Volt, sedangkan pada kapasitas 1 phasa adalah 220 Volt (Raharjo, 2009).

2.6.1. Dasar-Dasar Ketenagalistrikan

2.6.1.1. Arus Listrik

adalah mengalirnya elektron secara terus menerus dan berkesinambungan pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Arus listrik bergerak dari terminal positif (+) ke terminal negatif (-), sedangkan aliran listrik dalam kawat logam terdiri dari aliran elektron yang bergerak dari terminal negatif (-) ke terminal positif (+), arah arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan electron (<http://dasar-teknik-elektro.blogspot.com>).

Rumus arus listrik adalah:

$$I = Q/t \quad (1)$$

Dimana: I = Besarnya arus listrik yang mengalir, Ampere (A)

Q = Besarnya muatan listrik, Coulomb (C)

t = Waktu, Detik

2.6.1.2. Kuat Arus Listrik

Adalah arus yang tergantung pada banyak sedikitnya elektron bebas yang pindah melewati suatu penampang kawat dalam satuan waktu (<http://dasar-teknik-elektro.blogspot.com>). Rumus-rumus untuk menghitung banyaknya muatan listrik, kuat arus dan waktu:

$$Q = I \times t \quad (2)$$

$$I = Q/t \quad (3)$$

$$t = Q/I \quad (4)$$

Dimana : Q = Banyaknya muatan listrik, Coulomb (C)

I = Kuat Arus dalam satuan, Ampere (A)

t = Waktu, Detik

2.6.1.3. Rapat Arus

Rapat arus ialah besarnya arus listrik tiap-tiap mm² luas penampang kawat.

Rumus-rumus dibawah ini untuk menghitung besarnya rapat arus, kuat arus dan penampang kawat (<http://dasar-teknik-elektro.blogspot.com>).

$$\begin{aligned} S &= \frac{I}{q} \\ I &= Sq \\ q &= \frac{I}{S} \end{aligned} \quad (5)$$

Dimana : S = Rapat arus, Ampere/mm²

I = Kuat arus, Ampere (A)

q = luas penampang kawat, mm²

2.6.1.4. Tahanan dan daya hantar

Daya hantar listrik didefinisikan kemampuan penghantar arus atau daya hantar arus sedangkan penyekat atau isolasi adalah suatu bahan yang mempunyai tahanan yang besar sekali sehingga tidak mempunyai daya hantar atau daya hantarnya kecil yang berarti sangat sulit dialiri arus listrik (<http://dasar-teknik-elektro.blogspot.com>). Rumus untuk menghitung besarnya tahanan listrik terhadap daya hantar arus:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{G} \\
 G &= \frac{1}{R}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Dimana: R = Tahanan kawat listrik, Ohm (Ω)

G = Daya hantar arus, Mho (Y)

Tahanan penghantar besarnya berbanding terbalik terhadap luas penampangnya.

Bila suatu penghantar dengan panjang ℓ , dan penampang q serta tahanan jenis ρ (rho), maka tahanan penghantar tersebut adalah :

$$R = \frac{\rho \times \ell}{q} \tag{7}$$

Dimana: R = Tahanan kawat, (Ω /ohm)

ℓ = Panjang kawat, (meter/m)

ρ = Tahanan jenis kawat, ($\Omega\text{mm}^2/\text{meter}$)

q = Penampang kawat, (mm^2)

Faktot-faktor yang mempengaruhi nilai resistance, karena tahanan suatu jenis material sangat tergantung pada panjang tahanan, luas penampang konduktor, jenis konduktor dan temperatur.

2.6.1.5. Potensial listrik

Potensial listrik adalah fenomena berpindahnya arus listrik akibat lokasi yang berbeda potensialnya. dari hal tersebut, kita mengetahui adanya perbedaan potensial listrik yang sering disebut “*potential difference*” atau perbedaan potensial”. Satuan dari *potential difference* adalah Volt (<http://electric-mechanic.blogspot.com>).

$$V = W/Q \quad (8)$$

Dimana: V = Beda potensial atau tegangan, Volt

W = Usaha, Nm atau Joule

Q = Muatan listrik, Coulomb

2.6.1.6. Voltage/Tegangan listrik

Tegangan listrik (disebut sebagai Voltase) adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt (<http://electric-mechanic.blogspot.com>).

$$V = I \times R \quad (9)$$

Dimana: V = Beda potensial pada kedua ujung rangkaian, Volt (V)

I = Kuat arus listrik yang mengalir pada satu rangkaian, Ampere (A)

R = Besarnya hambatan dalam sebuah rangkaian, Ohm (Ω)

2.6.1.7. Resistance/Hambatan Listrik.

Hambatan listrik adalah perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik (misalnya resistor) dengan arus listrik yang melewatinya. Hambatan listrik yang mempunyai satuan Ohm (<http://electric-mechanic.blogspot.com>).

$$R = V / I \quad (10)$$

Dimana: R = Besarnya hambatan dalam sebuah rangkaian, Ohm

V = Beda potensial pada kedua ujung rangkaian, Volt (V)

I = Kuat arus listrik yang mengalir pada satu rangkaian (A)

2.6.1.8. Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan International Daya Listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik) (<http://dasar-teknik-elektro.blogspot.com>).

$$P = V \cdot I \quad (11)$$

Dimana: P = Daya, Watt (W)

I = Arus, Ampere (A)

V = Perbedaan potensial, Volt (V)

2.7. Zat Aditif

Zat aditif merupakan ikatan atom senyawa yang dicampur dalam bahan bakar untuk meningkatkan bilangan oktan. Kandungan kimia zat aditif akan beroksidasi dengan rantai ikatan atom bahan bakar untuk membentuk rantai ikatan atom yang lebih bercabang, sehingga meningkatkan bilangan oktan bahan bakar (Andriyanto, 2008).

Pada umumnya setiap proses pembakaran bahan bakar yang terbakar untuk menghasilkan energi hanya mencapai 70%-75%. Selebihnya akan menimbulkan proses timbulnya kerak pada dinding ruang bakar, sehingga mengakibatkan tenaga mesin menjadi menurun, pemborosan bahan bakar dan pembuangan sisa pembakaran melalui knalpot akan berbentuk asap hitam yang terkadang disertai dengan bau bahan bakar. Hal ini menyebabkan proses pembakaran bahan bakar menjadi tidak maksimal (Arifianto, 2004).

Dengan pencampuran zat aditif ke dalam bahan bakar dengan perbandingan yang sesuai, ikatan hidrogen dan molekul bensin dapat dipecahkan menjadi bagian yang lebih kecil yaitu atom, sehingga massa dan keseimbangan kandungan dari bahan bakar dapat ditingkatkan untuk menciptakan pembakaran yang lebih baik serta mencegah timbulnya kerak pada dinding ruang bakar. Ketika hal ini terjadi, maka atom-atom akan bercampur lebih sempurna dengan oksigen untuk mendapatkan pembakaran yang lebih efisien. Dengan demikian energi yang dihasilkan lebih maksimal yaitu tenaga bertambah dan pemborosan bahan bakar menjadi minimal (Arifianto, 2004).

Kandungan oksigen yang dimiliki zat aditif juga dapat memperbaiki hasil pembakaran yang dihasilkan. Hal ini disebabkan bahan bakar akan lebih banyak mengikat oksigen untuk menghasilkan daya yang lebih besar, lebih hemat bahan bakar, dan mengurangi jumlah emisinya (Kristanto, 2002). Dimana panas kompresi yang dibangkitkan saat langkah kompresi akan memutuskan rantai ikatan atom zat aditif yang menghasilkan atom-atom karbon dan oksigen yang radikal, sehingga kandungan oksigen dalam ruang bakar bertambah banyak dan membantu proses oksidasi membentuk ikatan CO_2 yang lebih banyak dan mengurangi pembentukan ikatan CO dan HC (Kristanto, 2002).

2.8. Kegunaan Zat Aditif

Adapun manfaat dari zat aditif untuk meningkatkan performansi mesin mulai dari durabilitas, akselerasi sampai tenaga mesin dan kegunaan lain dari zat aditif adalah sebagai berikut (<http://repository.usu.ac.id>, 2012 dalam Saputra, 2012):

- a. Membersihkan karburator/injektor pada saluran bahan bakar.

Endapan yang terjadi pada karburator umumnya terjadi karena adanya kontaminasi pada bahan bakar. Kontaminasi ini bisa terjadi misalnya karena tercampur dengan minyak tanah, tercampur dengan logam maupun senyawa lain yang disebabkan oleh proses kimia tertentu di saluran bahan bakar. Disengaja atau tidak, proses kimia ini dapat menghasilkan residu dan mengendap saat berada di saluran bahan bakar. Ketika kendaraan sedang tidak digunakan, maka tidak terjadi aliran bahan bakar ke ruang bakar. Dalam karburator/injektor, kondisi diam ini memberi kesempatan residu dan deposit untuk mengendap. Bahkan dalam jangka waktu yang lama dapat melekat pada dinding-dinding karburator dan saluran bahan bakar, sehingga walau bahan bakar sudah mengalir, deposit ini tidak terbawa ke ruang bakar.

- b. Mengurangi karbon/endapan senyawa organik pada ruang bakar.

Karbon/endapan senyawa organik terjadi ketika bahan bakar tidak terbakar sempurna. Semakin sering terjadi pembakaran yang tidak sempurna, karbon ini akan melekat dan semakin tebal. Kita mengetahuinya dengan bentuk kerak yang melekat pada ruang bakar. Jika kerak ini sudah begitu tebal dan keras, bukan tidak mungkin akan bergesekan dengan piston atau ring piston. Secara tidak langsung akan berpengaruh pada rasio kompresi, karena volume ruang bakar berubah atau kompresi yang bocor.

- c. Menambah tenaga mesin

Secara umum, tenaga mesin dihasilkan dari pencampuran udara dan bahan bakar, lalu diledakkan dalam ruang bakar. Namun hal ini akan tidak

maksimal jika bahan bakar mengalami penurunan kualitas. Kualitas udara juga berpengaruh, tapi kita asumsikan semua komponen dalam kondisi normal, jadi udara bersih bisa didapatkan setelah melalui saringan udara. Seperti telah dijelaskan, penurunan kualitas bahan bakar terjadi karena adanya kadar air yang berlebih dan atau terkontaminasinya bahan bakar dengan senyawa lain.

d. Mencegah korosi.

Dalam bahan bakar sendiri memang mengandung kadar air, akan tetapi dalam batas tertentu. Dengan kondisi wilayah tropis yang lembab, kadar ini dapat meningkat hingga melebihi batas. Air ini menyebabkan meningkatnya kemungkinan reaksi dengan udara dan logam tangki penyimpanan. Selain itu menyediakan media bagi bakteri aerob dan anaerob untuk berkembang biak dalam tangki dan saluran bahan bakar. Bakteri ini dapat menguraikan sulfur yang terkandung dalam bahan bakar, secara tidak langsung ion sulfur akan mengikat logam tangki sehingga tercipta korosi. Setiap bahan bakar minyak mengandung sulfur dalam jumlah sedikit, namun keberadaan sulfur ini tidak diharapkan, dikarenakan sulfur ini bersifat merusak. Dalam proses pembakaran sulfur akan teroksidasi dengan oksigen menghasilkan senyawa SO_2 dan SO_3 yang jika bertemu dengan air akan mengakibatkan korosi.

Padahal dalam pembakaran yang sempurna pasti akan dihasilkan air. Jika dua senyawa tersebut bertemu maka akan menimbulkan korosi baik di ruang bakar maupun di saluran gas buang. Jika dibiarkan korosi ini akan merusak tangki bahan bakar, tangki menjadi berlubang. Korosi ini pun bahkan bisa terbawa ke ruang bakar dan meninggalkan residu/kerak karbon jika tidak

terbakar sempurna. Selain menghasilkan korosi kadar air ini dapat meninggalkan gum (senyawa berbentuk seperti lumut kecoklatan) yang menempel pada dinding tangki.

- e. Menghemat BBM dan mengurangi emisi gas buang.

2.9. Zat Aditif Sintetik

Angka oktan bisa ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif bensin. Zat aditif merupakan bahan yang di tambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor, baik mesin bensin maupun mesin diesel. Zat aditif digunakan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya seperti aditif anti knocking untuk bahan bakar mesin bensin. Angka oktan bisa ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif bensin. Misalnya dengan menambahkan TEL (*tetraethyl lead*, $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$), senyawa *oksigenet*, MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}$), MMT (*Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonly*), *etanol*, dan *naftalena* (Admin, 2008 dalam Andriyanto, 2008).

2.9.1. TEL (*Tetraethyl Lead*)

Zat aditif yang masih digunakan di Indonesia hingga saat ini adalah *Tetraethyl Lead* (TEL). namun penggunaan zat aditif tersebut diduga sebagai penyebab utama keberadaan timbal (Pb) di atmosfer. Untuk mengubah Pb dari bentuk padat menjadi gas pada bensin yang mengandung TEL dibutuhkan *etilen bromide* ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$). Sebagai akibatnya, lapisan tipis timbal terbentuk pada atmosfer dan membahayakan makhluk hidup termasuk manusia. Ada beberapa pertimbangan mengapa timbal digunakan sebagai aditif bensin, di antaranya adalah timbal

memiliki *sensitivitas* tinggi dalam meningkatkan angka oktan, setiap tambahan 0.1 gram timbal per liter bensin mampu menaikkan angka oktan sebesar 1.5 - 2 satuan angka oktan. Selain itu, timbal merupakan komponen dengan harga yang sangat relatif murah dibandingkan dengan menggunakan senyawa lain.

Reaksi *radikal etil* dengan TEL dapat menghasilkan *alkana*, *alkena*, *hidrogen* dan juga *radikal Pb-trietil*. Yang bertindak sebagai bahan anti ketuk adalah *Pb-oksida*, dimana *Pb-oksida* berada dalam bentuk radikal-radikal yang tersebar dalam ruang bakar dan sebagian akan melekat pada dinding silinder membentuk endapan, dan sebagian lagi keluar ke atmosfer bersama-sama dengan gas sisa pembakaran. *Pb-oksida* yang dibebaskan ke atmosfer, hal inilah yang sangat berbahaya bagi lingkungan, sehingga perlu dicari bahan substitusi untuk menggantikan TEL sebagai aditif peningkat oktan.

Kerugian pemakaian timbal pada mesin adalah timbulnya kerak sisa pembakaran yang menumpuk pada sistem pembuangan maupun pada ruang pembakaran (*combustion chamber*). Apabila kerak ini semakin banyak maka dapat menurunkan kinerja mesin (Andriyanto, 2008).

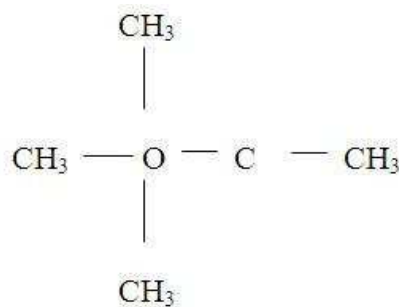
2.9.2. Senyawa Oksigenat

Oksigenat adalah senyawa organik cair yang dapat dicampur ke dalam bensin untuk meningkatkan angka oktan dan kandungan oksigennya. Selama pembakaran, oksigen tambahan di dalam bensin dapat mengurangi emisi karbon monoksida dan emisi hidrokarbon. Selain itu senyawa oksigenat juga memiliki sifat-sifat pencampuran yang baik dengan bensin. Semua oksigenat mempunyai angka oktan lebih dari 100 (misalnya *methanol* , mempunyai angka oktan 122).

Methanol memiliki angka oktan yang tinggi dan mudah didapat. Penggunaannya sebagai zat aditif bensin tidak menimbulkan pencemaran udara. Namun perbedaan struktur molekul *methanol* yang sangat berbeda dari struktur hidrokarbon bensin menimbulkan permasalahan dalam penggunaannya, antara lain kandungan oksigen yang sangat tinggi. Nilai bakar *methanol* hanya 45 % dari bensin. *Methanol* merupakan cairan *alcohol* yang tak berwarna dan bersifat racun. Namun penggunaan *etanol* dinilai relatif lebih aman dibanding *methanol* (Andriyanto, 2008).

2.9.3. MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*)

Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) merupakan salah satu senyawa organik yang mengandung logam dan mampu bercampur secara baik dengan hidrokarbon. Senyawa ini terdiri dari gugusan *Methyl* dan *Buthyl tertier* dengan rumus molekul $\text{CH}_3\text{OC}_4\text{H}_9$ atau $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$, sedangkan rumus bangunnya adalah sebagai berikut (Kristanto, 2002 dalam Andriyanto, 2008):



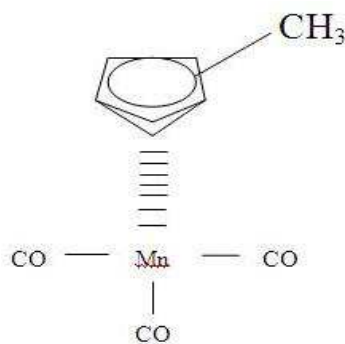
Gambar. 2. Bentuk rumus bangun MTBE.

Kisaran angka oktan MTBE adalah 116–118 RON, berat molekul 88, titik didihnya 55°C , dan kalor pembakaran 8.400 kkal/kg. Karena kisaran angka oktan yang tinggi, maka MTBE dapat digunakan sebagai aditif *octane booster* untuk

meningkatkan angka oktan bensin. Disamping itu karena titik didihnya yang rendah, maka MTBE bersifat mudah menguap, maka ada batasan konsentrasi volume tertentu jika senyawa tersebut digunakan untuk meningkatkan angka oktan bensin. Pembatasan ini perlu dilakukan untuk menghindari penguapan yang berlebihan dari bahan bakar secara sia-sia, Disamping itu juga untuk menghindari terjadinya *vapour lock* (macetnya aliran bensin karena adanya gelembung udara) sehingga menyumbat saluran udara masuk karburator (Kristanto, 2002 dalam Andriyanto, 2008).

2.9.4. MMT (*Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonly*)

Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonly (MMT) adalah senyawa organolgam dengan logam dasar (*basic metal*) Mn yang digunakan sebagai pengganti bahan aditif TEL. Nilai penguapan MMT relatif rendah sehingga emisi uap selama operasi dan penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor berkurang. Bentuk rumus bangun MMT adalah seperti pada Gambar 3.



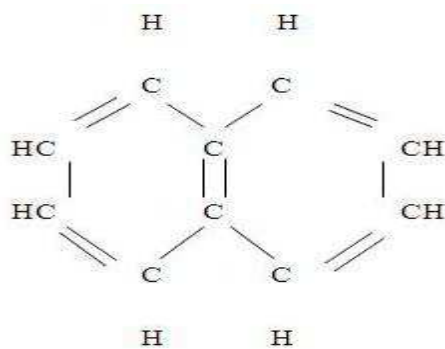
Gambar. 3. Bentuk rumus bangun MMT.

Penggunaan MMT hingga 18 mg Mn/liter bensin dapat menimbulkan angka oktan bensin sebesar 2 satuan angka oktan, tetapi masih kurang menguntungkan jika

dibandingkan dengan senyawa *oksigenat*. Dalam penerapannya MMT memiliki tingkat *toksistas* yang lebih rendah daripada TEL (Andriyanto, 2008).

2.9.5. *Naphtalene* (Kapur Barus)

Naphtalene merupakan rangkaian hidrokarbon jenis *aromatic*, bahkan dapat juga disebut *polyaromatik* dengan struktur kimia berbentuk cincin *benzena* yang bersekutu dalam satu ikatan atau dua *orto* lingkungan *benzena* dimana pada proses penggabungan tersebut kehilangan dua atom C dan empat atom H sehingga rumus kimianya menjadi $C_{10}H_8$. Bentuk struktur *Naphtalene* adalah seperti pada Gambar 4.

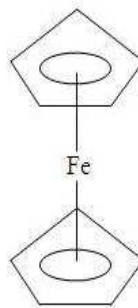


Gambar. 4. Bentuk rumus bangun *Naphtalene*.

Secara fisik, *Naphtalene* merupakan zat yang berbentuk keping kristal, mudah menguap dan menyublim serta tidak berwarna, umumnya berasal dari minyak bumi atau batu bara. Karena bentuk struktur kimia *Naphtalene* serta sifat aromatik tersebut maka *Naphtalene* seperti halnya *benzene*, mempunyai sifat anti *knocking* yang baik. Oleh sebab itu penambahan *Naphtalene* pada bensin akan meningkatkan mutu anti *knocking* dari bensin tersebut (Tirtoatmodjo, 2001 dalam Andriyanto, 2008).

2.9.6. *Ferrocene* $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$

Ferrocene dapat digunakan sebagai zat aditif bensin. *Ferrocene* yang sering digunakan sebagai zat aditif bensin mempunyai warna orange gelap dan biasanya berbentuk serbuk. Bentuk rumus bangun dari senyawa *Ferrocene* adalah seperti yang ditunjukkan Gambar 5 (Andriyanto, 2008).



Gambar. 5. Bentuk rumus bangun *Ferrocene*.

Dengan penambahan *Ferrocene* sebanyak 30 ppm dapat meningkatkan angka oktan 1.6 –2 satuan angka oktan, sedangkan batasan maksimum penambahan *Ferrocene* ke dalam bahan bakar adalah 200 ppm (Andriyanto, 2008).

2.9.7. *Toluene* (C_7H_8)

Toluene merupakan hidrokarbon pekat (C_7H_8) yang juga dapat disebut senyawa *aromatic*. *Toluene* mempunyai angka oktan (RON) 121. Penambahan *toluene* 0.87 g/ml menaikkan angka oktan 0.72–0.74 satuan angka oktan (Andriyanto, 2008).

Zat aditif sintetis yang digunakan pada penelitian ini adalah zat aditif berbentuk pil (tablet) yang mengandung $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ (*Ferrocene* 5,59%) (Andriyanto, 2008). Satu pil (tablet) zat aditif sintetis dapat dicampurkan pada 4 liter bensin. Fungsinya untuk meningkatkan daya, membersihkan ruang bakar, dan mengurangi konsumsi bahan bakar (Andriyanto, 2008). Biaya yang diperlukan

untuk membeli zat aditif sintetis ini tidak terlalu mahal yaitu dengan harga Rp. 7000,- per lempeng yang berisi 12 pil (tablet), 1 pil (tablet) digunakan untuk 4 liter bensin murni. Zat aditif sintetis seperti yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar. 6. Zat Aditif Sintetis.

2.10. Zat Aditif Alami

Zat aditif alami ini adalah produk dari Amerika, merupakan aditif bahan bakar multi fungsi dalam bentuk tablet menggunakan 100% bahan aktif karbon alam, tidak mengandung bahan yang dapat merusak mesin dan suku cadang lainnya. Zat aditif alami ini cocok untuk mesin bensin dan diesel, larut sempurna dalam bahan bakar. Zat aditif alami ini bekerja segera setelah larut. Zat aditif alami akan larut sempurna dalam waktu kurang dari 1 (satu) jam tergantung suhu, jenis bahan bakar, pergerakan kendaraan dan kondisi lainnya.

Zat aditif alami ini juga telah di uji oleh pihak berwenang di Amerika & Eropa. Test tersebut membuktikan bahwa sepenuhnya aman untuk mesin bensin dan solar. Zat aditif alami ini tidak akan merusak mesin, sistem bahan bakar, sumber

tenaga dan alat pengukur polusi lainnya. Untuk biaya pembelian zat aditif alami ini seharga Rp. 120.000,- per Box. Untuk kemasan zat aditif alami ini 1 box isi 10 pil (tablet) dengan anjuran pemakaian 1 pil (tablet) dapat digunakan untuk 30 liter bensin atau solar (<http://products.php/index.com>, 2013). Zat aditif alami seperti yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar. 7. Zat Aditif Alami.

Keunggulan zat aditif alami ini adalah:

1. Menghemat penggunaan bahan bakar
2. Meningkatkan tenaga
3. Meningkatkan kualitas bahan bakar
4. Meningkatkan oktan
5. Mengurangi endapan karbon
6. Mengurangi emisi
7. Menghaluskan suara mesin.